

G-10 高頻度振動換気時の二酸化炭素除去能に及ぼす人工鼻の影響

横浜市立大学 生体制御・麻酔科学、集中治療部

大塚将秀、佐々木勝教、磨田裕、上島賢哉、奥谷圭介、山田芳嗣

【背景と目的】

高頻度振動換気 (high frequency oscillatory ventilation, HFOV) は、究極の low tidal volume ventilation として、急性呼吸不全の救命率向上が期待される換気様式で、小動物や小児で有効性が示されている。近年大きなパワーを持つ HFO 人工呼吸器が開発され、成人への応用の可能性も出てきた。

一方、吸気ガスの加温加湿目的に、安全性、簡便性、経済性の点から人工鼻が頻用されているが、HFOV 時にも使用可能かどうかは未検討である。そこで、二酸化炭素を産生するモデル肺を用いて、二酸化炭素除去効率に対する人工鼻使用の影響を検討した。【方法】テスト肺 (dual adult TTL, Michigan Instruments Inc., USA) に、R-100 人工呼吸器 (Metran, Japan) を接続した。テスト肺に、200ml/min の二酸化炭素を供給して HFO を行い、ベローズ内の二酸化炭素分圧をサイドストリーム型呼吸ガスモニター (OSCAR-OXY, DATEX) で測定した。人工呼吸器の設定は、ベースフロー 40 l/min、平均回路内圧 10cmH₂O、周波数 5Hz とし、テスト肺のコンプライアンスは 50ml/cmH₂O、気道抵抗は 5cmH₂O/lps とした。一回換気量を 50-200ml の範囲で変化させ、平衡状態に達したときの肺ユニット内の平均二酸化炭素分圧 (P_ACO₂) を測定した。つぎに、人工鼻 (HME15-22F, Pall, 容量:約 90ml、抵抗:約 1.5cmH₂O/lps)、抵抗管 (容量:約 4ml、抵抗:5cmH₂O/lps)、呼吸回路用蛇管 (容量:60ml、抵抗:約 0.2cmH₂O/lps) を順番に装着し、同様の測定を行った。

【結果】

換気量を増加させると P_ACO₂ は低下し、両者は反比例の関係に近似された。今回の回路で P_ACO₂ を約 40mmHg に保つ一回換気量は 70ml であったが、人工鼻を装着すると 120ml、抵抗管では 90ml、蛇管では 130ml を必要とした。

【考察】

肺胞換気式で示されるとおり、二酸化

炭素産生量が一定ならば、肺胞換気量と肺胞二酸化炭素分圧は反比例する。今回の測定結果も同様であった。

人工鼻の付加は、HFO の換気効率を低下させた。その原因には、気道抵抗付加と死腔付加の要因が考えられる。

人工鼻と抵抗管付加の影響を比べると、換気効率は人工鼻が劣っていた。人工鼻の抵抗は抵抗管の約 1/3 と小さく、死腔容量は 20 倍以上大きいことから、死腔の効果が大きく影響した可能性がある。しかし、人工鼻と短蛇管を比べると、抵抗は 10 倍ほど大きく、死腔容量も 1.5 倍大きい。換気効率は人工鼻が勝っていた。これらのことは、換気効率が単に抵抗値や死腔量に反比例するのではないことを示している。

通常、気流抵抗は層流の定常流に対する値として測定されることが多い。しかし、HFO のガス流は定常流や層流ではなく、振動成分を含む乱流であり、定常流で測定した抵抗値は参考にならない可能性がある。死腔効果も、容量だけでなく形状などが影響している可能性が大きい。

【結語】

高頻度振動換気時に人工鼻を用いると、二酸化炭素除去効率が大きく低下した。肺胞内二酸化炭素分圧を一定に保つには一回換気量を大きく増加させる必要があり、現実的には人工鼻の使用は不可能と考えられた。振動流と乱流の要素が大きい HFO では、層流に基づく従来の気道抵抗や死腔の概念では説明できない現象があり、臨床応用にあたっては換気状態の十分な観察と注意が必要であると考えられた。